

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-059412  
 (43)Date of publication of application : 06.03.2001

(51)Int.CI. F01N 3/20  
 F02D 41/14  
 F02D 45/00

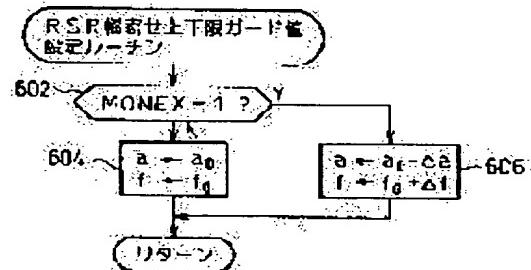
(21)Application number : 11-232810 (71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP  
 (22)Date of filing : 19.08.1999 (72)Inventor : MITSUYA NORITAKE

## (54) CONTROL DEVICE FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To prevent deterioration in accuracy of a catalyst deterioration decision by a second air fuel ratio sensor by changing upper and lower limit guard values limiting a skip amount increased/decreased according to an air fuel ratio sensed by a second air fuel ratio sensor in deterioration judgement of a catalyst.

**SOLUTION:** An air fuel ratio correction coefficient increases and decreases rich skip at a fixed rate when a downstream O<sub>2</sub> sensor output is continuously lean and rich and stepwisely increases and decreases a rich skip amount by a prescribed skip amount when the downstream O<sub>2</sub> sensor output is from lean to rich or vice versa. The sum of lean and rich skip values is set to be maintained constant. While reversal of the downstream O<sub>2</sub> sensor output is repeated several times, a center value between maximum and minimum values of rich skip amount is determined, a learning processing is performed, and upper and lower limit guard values (f), (a) in deviation from the center value are set by the downstream O<sub>2</sub> sensor output and an engine operation state. During a catalyst deterioration decision (S602), the lower and upper limit value (a), (f) are decreased and increased (S606) and the downstream O<sub>2</sub> sensor output can be changed.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

25.02.2002

特開 2001-59412

(P 2001-59412 A)

(43) 公開日 平成13年3月6日(2001.3.6)

(51) Int. C1.<sup>7</sup>  
 識別記号  
 F 01 N 3/20  
 F 02 D 41/14 3 1 0  
 45/00 3 1 4

F I  
 F 01 N 3/20 C 3G084  
 F 02 D 41/14 3 1 0 K 3G091  
 3 1 0 H 3G301  
 45/00 3 1 4 Z

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L

(全 19 頁)

(21) 出願番号 特願平11-232810  
 (22) 出願日 平成11年8月19日(1999.8.19)

(71) 出願人 000003207  
 トヨタ自動車株式会社  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地  
 (72) 発明者 光谷 典丈  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動  
 車株式会社内  
 (74) 代理人 100077517  
 弁理士 石田 敬 (外3名)

最終頁に続く

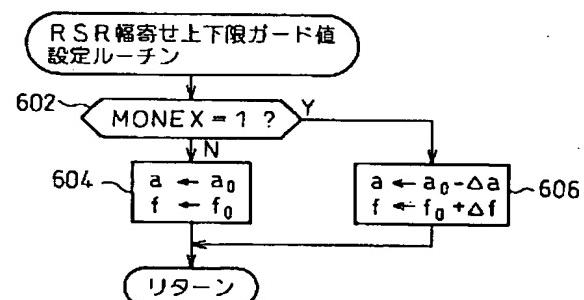
## (54) 【発明の名称】内燃機関の制御装置

## (57) 【要約】

【課題】 触媒コンバータの上流側及び下流側にそれぞれO<sub>2</sub>センサを配設した内燃機関において、触媒のO<sub>2</sub>ストレージ量を考慮した空燃比制御を採用しつつ下流側O<sub>2</sub>センサに基づく触媒劣化判定を精度良く実施する。

【解決手段】 空燃比フィードバック補正係数は、上流側O<sub>2</sub>センサの出力が継続してリーン又はリッチのときに積分的に増大又は減少せしめられ、リッチからリーンへ又はリーンからリッチへと反転するときにスキップ量だけ増大又は減少せしめられる。リーンへの反転時のスキップ量は、下流側O<sub>2</sub>センサによって感知される空燃比がリーンかリッチかに応じて増大又は減少せしめられるが、その際、スキップ量の中心値が学習され、その中心値を基準とするスキップ量の偏差に対し、上下限ガード値f, aが設定されるが、触媒劣化判定のため下流側センサ出力監視中は、下限ガード値aが小さく、上限ガード値fが大きくされる。

図24



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 排気系に設けられた排気ガス浄化のための触媒コンバータの上流側及び下流側にそれぞれ第1及び第2の空燃比センサを配設した内燃機関における制御装置であって、

前記第1の空燃比センサによって感知される空燃比が継続してリーン又はリッチのときには空燃比フィードバック補正係数を一定割合で増大又は減少せしめるとともに、前記第1の空燃比センサによって感知される空燃比がリッチからリーンへ又はリーンからリッチへと反転するときには空燃比補正係数を所定のスキップ量だけ階段状に増大又は減少せしめる空燃比補正係数演算手段と、前記第2の空燃比センサによって感知される空燃比がリーンかリッチかに応じて前記第1の空燃比フィードバック制御手段におけるスキップ量を増大又は減少せしめるスキップ量演算手段と、

前記スキップ量演算手段によって演算されるスキップ量の中心値を学習する中心値学習手段と、

前記中心値学習手段によって学習された中心値を基準とする下限ガード値から上限ガード値までの範囲内に、前記スキップ量演算手段によって演算されるスキップ量を制限する上下限ガード手段と、

少なくとも前記第2の空燃比センサの出力に基づいて、前記触媒コンバータ内の触媒の劣化の有無を判定する触媒劣化判定手段と、

前記触媒劣化判定手段によって前記第2の空燃比センサの出力が監視されているときには、前記下限ガード値を小さく及び／又は前記上限ガード値を大きくするように変更するガード値変更手段と、

前記空燃比補正係数演算手段によって演算される空燃比補正係数に応じて機関の空燃比を調整する空燃比調整手段と、

を具備する、内燃機関の制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、内燃機関の制御装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来より、自動車用内燃機関においては、排気ガス浄化対策として、不完全燃焼成分であるH C（炭化水素）及びCO（一酸化炭素）の酸化と、空気中の窒素と燃え残りの酸素とが反応して生成されるNO<sub>x</sub>（窒素酸化物）の還元とを同時に促進する三元触媒が利用されている。そのような三元触媒による酸化・還元能力を高めるためには、機関の燃焼状態を示す空燃比（A/F）を理論空燃比近傍（ウインドウ）に制御する必要がある。そのため、機関における燃料噴射制御においては、排気ガス中の残留酸素濃度に基づき空燃比が理論空燃比よりもリッチかリーンかを感知するO<sub>2</sub>センサ（酸素センサ）を設け、そのセンサ出力に基づいて燃料

量を補正する空燃比フィードバック制御が行われている。

【0003】かかる空燃比フィードバック制御では、酸素濃度を検出するO<sub>2</sub>センサをできるだけ燃焼室に近い箇所、すなわち触媒コンバータより上流側に設けているが、そのO<sub>2</sub>センサの出力特性のばらつきを補償するために、触媒コンバータより下流側に第2のO<sub>2</sub>センサを更に設けたダブルO<sub>2</sub>センサシステムも実現されている。すなわち、触媒下流側では、排気ガスは十分に攪拌されており、その酸素濃度も三元触媒の作用によりほぼ平衡状態にあることにより、下流側O<sub>2</sub>センサの出力は、上流側O<sub>2</sub>センサの出力よりも緩やかに変化し、従って混合気全体のリッチ／リーン傾向を示す。ダブルO<sub>2</sub>センサシステムは、触媒上流側O<sub>2</sub>センサによるメイン空燃比フィードバック制御に加え、触媒下流側O<sub>2</sub>センサによるサブ空燃比フィードバック制御を実施するものであり、メイン空燃比フィードバック制御にて空燃比補正係数を演算する際の各種定数を下流側O<sub>2</sub>センサの出力に基づいて修正することにより、又は下流側O<sub>2</sub>センサの出力に基づく第2の空燃比補正係数を導入することにより、上流側O<sub>2</sub>センサの出力特性のばらつきを吸収し、空燃比制御精度の向上を図っている。

【0004】例えば、空燃比補正係数のスキップ量を可変にしたダブルO<sub>2</sub>センサシステムが知られている。このシステムでは、メイン空燃比フィードバック制御は、上流側O<sub>2</sub>センサによって感知される空燃比が継続してリーン又はリッチであるときには空燃比フィードバック補正係数を一定割合で増大又は減少せしめるとともに、リッチからリーンへ又はリーンからリッチへと反転するときには空燃比フィードバック補正係数を所定のスキップ量だけ階段状に増大又は減少せしめる。一方、サブ空燃比フィードバック制御は、上流側空燃比のリッチからリーンへの反転時における空燃比補正係数のリッチスキップ量を、下流側O<sub>2</sub>センサによって感知される空燃比が継続してリーン又はリッチであるときには一定割合で増大又は減少せしめるとともに、リッチからリーンへ又はリーンからリッチへと反転するときには所定のスキップ量だけ階段状に増大又は減少せしめる。そして、上流側空燃比のリーンスキップ量は、その量と空燃比補正係数のリッチスキップ量との和が一定に維持されるように設定される。

【0005】ここで、三元触媒は、排気ガスがリーン状態にあるときに過剰分の酸素を吸着し、排気ガスがリッチ状態にあるときに不足分の酸素を放出することにより、排気ガスを浄化する、というO<sub>2</sub>ストレージ効果を奏するものであるが、そのO<sub>2</sub>ストレージ量は有限である。上述の如く空燃比補正係数のスキップ量を可変にしたダブルO<sub>2</sub>センサシステムにおいては、下流側O<sub>2</sub>センサの出力が反転するまで空燃比補正係数のリッチスキ

ップ量の更新が実施されることとなるが、排気ガスが気筒からセンサに到達するまでの輸送遅れやセンサの応答遅れを考慮すると、実際には空燃比制御が反対方向に逆転されるべき時点を既にある時間だけ経過している時点まで一方向の制御が継続することとなり、触媒内のO<sub>2</sub>ストレージ量が空又は飽和に達するおそれがある。このようなオーバーシュートが発生すると、COやNO<sub>x</sub>の排出量が増大する。

【0006】また、次のような問題もある。サブ空燃比フィードバック制御が継続しているときに、下流側O<sub>2</sub>センサの出力の反転が繰り返されると、O<sub>2</sub>ストレージ量と空燃比補正係数のリッチスキップ量とはほぼ対応してくる。しかし、燃料カット、加速增量等の外乱が入ると、そのような均衡がくずれるため、オーバーシュート分が更に増加し、エミッションが悪化する。

【0007】そこで、本出願人は、先にした特願平10-58279号において、空燃比補正係数のリッチスキップ量の中心値を学習するとともに、リッチスキップ量に対して、その中心値を基準として上下限ガード値を設定することにより（幅寄せ制御）、リッチスキップ量を触媒O<sub>2</sub>ストレージ状態に適合した最適値に近づけ、触媒O<sub>2</sub>ストレージ量を考慮した空燃比制御を実施する空燃比制御装置を提案している。

#### 【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところで、排気ガスの熱の作用や鉛等の被毒の作用により触媒が劣化してくると、十分な排気ガス浄化性能を得ることはできない。そこで、従来より、種々の触媒劣化判定方法が提案されている。その一つは、触媒下流側O<sub>2</sub>センサによって暖機後のO<sub>2</sub>ストレージ効果（過剰の酸素を保持し未燃焼排気物の浄化に利用する機能）の低下を検出することにより、触媒の劣化の有無を判定するものである。すなわち、触媒の劣化は、結果として暖機後の浄化性能の低下を誘発するが、この方法は、O<sub>2</sub>ストレージ効果の低下を浄化性能の低下と推定し、下流側O<sub>2</sub>センサの出力信号を使用して、その軌跡長、フィードバック周波数等を求め、O<sub>2</sub>ストレージ効果の低下を検出し、触媒の劣化を検出するものである。例えば、理論空燃比へのフィードバック制御中において上流側及び下流側O<sub>2</sub>センサの出力の軌跡長を求め、それらの比に基づき触媒劣化の有無が判定される。

【0009】しかし、上述の如き幅寄せ制御を実施している場合において、リッチスキップ量の中心値の学習値がずれているときには、下流側O<sub>2</sub>センサの出力がリッチ又はリーンに貼り付く状態が生じ得る。かかる状態の下では、下流側O<sub>2</sub>センサの出力に基づく触媒劣化判定が困難となる。

【0010】本発明は、上述した問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、排気系に設けられた排気ガス浄化のための触媒コンバータの上流側及び下流側にそ

れぞれ第1及び第2の空燃比センサが配設された内燃機関において、触媒のO<sub>2</sub>ストレージ量を考慮した空燃比制御を採用しつつ第2の空燃比センサに基づく触媒劣化判定の精度の悪化を防止することができる制御装置を提供することにある。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明によれば、排気系に設けられた排気ガス浄化のための触媒コンバータの上流側及び下流側にそれぞれ

- 10 第1及び第2の空燃比センサを配設した内燃機関における制御装置であって、前記第1の空燃比センサによって感知される空燃比が継続してリーン又はリッチのときは空燃比フィードバック補正係数を一定割合で増大又は減少せしめるとともに、前記第1の空燃比センサによって感知される空燃比がリッチからリーンへ又はリーンからリッチへと反転するときには空燃比補正係数を所定のスキップ量だけ階段状に増大又は減少せしめる空燃比補正係数演算手段と、前記第2の空燃比センサによって感知される空燃比がリーンかリッチかに応じて前記第1の空燃比フィードバック制御手段におけるスキップ量を増大又は減少せしめるスキップ量演算手段と、前記スキップ量演算手段によって演算されるスキップ量の中心値を学習する中心値学習手段と、前記中心値学習手段によって学習された中心値を基準とする下限ガード値から上限ガード値までの範囲内に、前記スキップ量演算手段によって演算されるスキップ量を制限する上下限ガード手段と、少なくとも前記第2の空燃比センサの出力に基づいて、前記触媒コンバータ内の触媒の劣化の有無を判定する触媒劣化判定手段と、前記触媒劣化判定手段によって前記第2の空燃比センサの出力が監視されているときには、前記下限ガード値を小さく及び／又は前記上限ガード値を大きくするように変更するガード値変更手段と、前記空燃比補正係数演算手段によって演算される空燃比補正係数に応じて機関の空燃比を調整する空燃比調整手段と、を具備する、内燃機関の制御装置が提供される。

#### 【0012】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の実施形態について説明する。

- 40 【0013】図1は、本発明の一実施形態に係る制御装置を備えた内燃機関の全体概要図である。内燃機関1は、車両搭載用の直列多気筒4ストロークサイクルレシプロガソリン機関である。機関1は、シリンダブロック2及びシリンダヘッド3を備えている。シリンダブロック2には、上下方向へ延びる複数個のシリンダ4が紙面の厚み方向へ並設され、各シリンダ4内には、ピストン5が往復運動可能に収容されている。各ピストン5は、コネクティングロッド6を介し共通のクランクシャフト7に連結されている。各ピストン5の往復運動は、コネクティングロッド6を介してクランクシャフト7の回転運動に変換される。

【0014】シリンダブロック2とシリンダヘッド3との間において、各ピストン5の上側は燃焼室8となってい。シリンダヘッド3には、その両外側面と各燃焼室8とを連通させる吸気ポート9及び排気ポート10がそれぞれ設けられている。これらのポート9及び10を開閉するために、シリンダヘッド3には吸気バルブ11及び排気バルブ12がそれぞれ略上下方向への往復動可能に支持されている。また、シリンダヘッド3において、各バルブ11, 12の上方には、吸気側カムシャフト13及び排気側カムシャフト14がそれぞれ回転可能に設けられている。カムシャフト13及び14には、吸気バルブ11及び排気バルブ12を駆動するためのカム15及び16が取り付けられている。カムシャフト13及び14の端部にそれぞれ設けられたタイミングブーリ17及び18は、クランクシャフト7の端部に設けられたタイミングブーリ19へタイミングベルト20により連結されている。

【0015】吸気ポート9には、エアクリーナ31、スロットルバルブ32、サージタンク33、吸気マニホールド34等を備えた吸気通路30が接続されている。機関1外部の空気(外気)は、燃焼室8へ向けて吸気通路30の各部31, 32, 33及び34を順に通過する。また、スロットルバルブ32をバイパスするアイドルアジャスト通路35には、アイドル時の空気流量を調節するためのアイドル回転速度制御弁(ISCV)36が設けられている。吸気マニホールド34には、各吸気ポート9へ向けて燃料を噴射するインジェクタ40が取付けられている。燃料は、燃料タンク41に貯蔵されており、そこから燃料ポンプ42によりくみ上げられ、燃料配管43を経てインジェクタ40に供給される。そして、インジェクタ40から噴射される燃料と吸気通路30内に流れる空気とからなる混合気は、吸気バルブ11を介して燃焼室8へ導入される。

【0016】この混合気に着火するために、シリンダヘッド3には点火プラグ50が取付けられている。点火時には、点火信号を受けたイグナイタ51が、点火コイル52の1次電流の通電及び遮断を制御し、その2次電流が、点火ディストリビュータ53を介して点火プラグ50に供給される。

【0017】燃焼した混合気は、排気ガスとして排気バルブ12を介して排気ポート10に導かれる。排気ポート10には、排気マニホールド61、触媒コンバータ62等を備えた排気通路60が接続されている。触媒コンバータ62には、不完全燃焼成分であるHC(炭化水素)及びCO(一酸化炭素)の酸化と、空気中の窒素と燃え残りの酸素とが反応して生成されるNO<sub>x</sub>(窒素酸化物)の還元とを同時に促進する三元触媒が収容されている。こうして触媒コンバータ62において浄化された排気ガスが大気中に排出される。

【0018】機関1には各種のセンサが取付けられて

る。シリンダブロック2には、機関1の冷却水の温度を検出するための水温センサ74が取付けられている。吸気通路30には、吸入空気量(質量流量)を検出するためのエアフローメータ70が取り付けられている。吸気通路30においてエアクリーナ31の近傍には、吸入空気の温度を検出するための吸気温センサ73が取付けられている。吸気通路30において、スロットルバルブ32の近傍には、その軸の回動角度を検出するためのスロットル開度センサ72が設けられている。また、スロットルバルブ32が全閉状態のときには、アイドルスイッチ82がオンとなり、その出力であるスロットル全閉信号がアクティブとなる。排気通路60の触媒コンバータ62より上流側の部分には、空燃比センサとして排気ガスの空燃比が理論空燃比に対してリッヂかリーンかを検出する上流側O<sub>2</sub>センサ(メインO<sub>2</sub>センサ)75が取付けられている。また、この機関は、O<sub>2</sub>センサ75の出力特性のばらつきを補償するサブ空燃比フィードバック制御を実施する機関であり、触媒コンバータ62より下流の排気通路には、下流側O<sub>2</sub>センサ(サブO<sub>2</sub>センサ)76が設けられている。

【0019】ディストリビュータ53には、クランクシャフト7の回転に同期して回転する2個のロータが内蔵されており、クランクシャフト7の基準位置を検出するために一方のロータの回転に基づいてクランク角(CA)に換算して720°CAごとに基準位置検出用パルスを発生させるクランク基準位置センサ80が設けられ、また、クランクシャフト7の回転速度(機関回転速度NE)を検出するために他方のロータの回転に基づいて30°CAごとに回転速度検出用パルスを発生させるクランク角センサ81が設けられている。なお、車両には、トランスミッション出力軸の回転速度すなわち車速SPDに比例した数の出力パルスを単位時間当たりに発生する車速センサ83が取り付けられている。

【0020】機関電子制御装置(エンジンECU)90は、空燃比制御(燃料噴射制御)、点火時期制御、アイドル回転速度制御等を実行するマイクロコンピュータシステムであり、そのハードウェア構成は、図2のブロック図に示される。リードオンリメモリ(ROM)93に格納されたプログラム及び各種のマップに従って、中央処理装置(CPU)91は、各種センサ及びスイッチからの信号をA/D変換回路(ADC)95又は入力インターフェース回路96を介して入力し、その入力信号に基づいて演算処理を実行し、その演算結果に基づき駆動回路97a～97cを介して各種アクチュエータ用制御信号を出力する。ランダムアクセスメモリ(RAM)94は、その演算・制御処理過程における一時的なデータ記憶場所として使用される。また、バックアップRAM99は、バッテリ(図示せず)に直接接続されることにより電力の供給を受け、イグニションスイッチがオフの状態においても保持されるべきデータ(例えば、各種の学

習値)を格納するために使用される。また、これらのECU内の各構成要素は、アドレスバス、データバス及びコントロールバスからなるシステムバス92を介して接続されている。

【0021】ECU90においては、各種制御のために、吸入空気量信号、スロットル開度信号、吸気温信号及び冷却水温信号が、一定クランク角ごとに実行されるA/D変換ルーチンによって取り込まれ、RAM94の所定領域にそれぞれ吸入空気量データGA、スロットル開度データTA、吸気温データTHA及び冷却水温データTHWとして格納される。また、クランク角センサ81のパルス信号が入力するごとに、そのパルス間隔から図示しないルーチンにより機関回転速度が算出され、RAM94の所定領域に機関回転速度データNEとして格納される。

【0022】点火時期制御は、クランク角センサ81から得られる機関回転速度及びその他のセンサからの信号により、機関の状態を総合的に判定し、最適な点火時期を決定し、駆動回路97bを介してイグナイタ51に点火信号を送るものである。また、アイドル回転速度制御は、アイドルスイッチ82からのスロットル全閉信号及び車速センサ83からの車速信号によってアイドル状態を検出するとともに、水温センサ74からの機関冷却水温度等によって決められる目標回転速度と実際の機関回転速度とを比較し、その差に応じて目標回転速度となるように制御量を決定し、駆動回路97cを介してISCV36を制御して空気量を調節することにより、最適なアイドル回転速度を維持するものである。以下、本実施形態における空燃比制御について詳細に説明する。

【0023】図3は、CPU91によって実行される噴射量演算ルーチンの処理手順を示すフローチャートに示される。本ルーチンは、一定クランク角ごと(例えば360°ごと)に実行される。このルーチンでは、燃料噴射量、すなわちインジェクタ40による燃料噴射時間TAUが、機関1回転当たりの吸入空気量GNと、後述する空燃比補正係数FAFとに基づいて算出される。

【0024】具体的には、まず、ステップ102において、吸入空気量データGA及び回転速度データNEをRAM94の所定領域から読み込み、機関1回転当たりの吸入空気量GNを、

$$GN \leftarrow GA / NE$$

なる演算により求める。次いで、ステップ104では、基本燃料噴射時間TAUPを、

$$TAUP = K * GN$$

として算出する。ここで、基本燃料噴射時間TAUPは、燃焼室に供給される混合気の空燃比を理論空燃比とするために必要とされる燃料噴射時間であり、Kは定数である。

【0025】また、実際の燃料噴射時間TAUは、ステップ106において、上記TAUPを空燃比補正係数F

AFで補正した値、すなわち、

$$TAU = TAUP * FAF * \alpha + \beta$$

として算出される。ここで、 $\alpha$ 及び $\beta$ は、それぞれ機関運転状態に応じて決定される定数である。また、上記により燃料噴射時間TAUが算出されると、ステップ108では、時間TAUが駆動回路97aにセットされ、時間TAUに応じた量の燃料がインジェクタ40から噴射される。

【0026】なお、燃料噴射制御では、スロットルバルブ32が全閉で機関回転速度が所定値以上のときに、燃料供給の不必要的減速状態にあると判断し、燃料噴射を一時的に停止する燃料カットが行われる。一方、機関運転状態に応じて加速増量補正、出力増量補正等の燃料増量補正も行われる。

【0027】上記空燃比補正係数FAFを求める制御が空燃比フィードバック制御であり、本実施形態に係る空燃比フィードバック制御においては、上流側O<sub>2</sub>センサ75の出力に基づいて空燃比がフィードバック制御されるとともに、下流側O<sub>2</sub>センサ76の出力に基づいて上流側O<sub>2</sub>センサ75の出力特性のずれ等を補正する制御も行われる。

【0028】図4及び図5は、上流側O<sub>2</sub>センサ75の出力に基づくメイン空燃比フィードバック制御の処理手順を示すフローチャートである。本ルーチンは、CPU91により一定時間毎(例えば4ms毎)に実行される。本ルーチンでは、上流側O<sub>2</sub>センサ75の出力VOMを基準電圧V<sub>R1</sub>(理論空燃比相当電圧)と比較し、触媒コンバータ上流側での排気空燃比が理論空燃比よりリッチ(V<sub>OM</sub>>V<sub>R1</sub>)のときには空燃比補正係数FAFを減少させ、リーン(V<sub>OM</sub>≤V<sub>R1</sub>)のときにはFAFを増大させる制御を行う。O<sub>2</sub>センサは、排気空燃比が理論空燃比よりリッチのときに例えば0.9Vの電圧信号を出力し、排気空燃比が理論空燃比よりリーンのときに例えば0.1V程度の電圧信号を出力する。本実施形態では、上記基準電圧V<sub>R1</sub>は0.45V程度に設定される。上記のように空燃比補正係数FAFを排気空燃比に応じて増減することにより、エアフローメータ70、インジェクタ40等の燃料供給系の機器に多少の誤差が生じている場合でも、機関空燃比は正確に理論空燃比近傍に修正される。

【0029】具体的には、まず、ステップ202において、上流側O<sub>2</sub>センサ75によるメイン空燃比フィードバック制御の実行条件が成立しているか否かを判別する。例えば、冷却水温が所定値以下のとき、機関始動中、始動後増量中、暖機増量中、出力増量中、上流側O<sub>2</sub>センサ75の出力信号が一度も反転していないとき、燃料カット中、等においては、いずれもフィードバック制御実行条件が不成立となり、その他の場合においてはフィードバック制御実行条件が成立する。条件が不成立のときには、ステップ238において空燃比補正係数F

AFを1.0とした後、本ルーチンを終了する。他方、条件が成立するときにはステップ204に進む。

【0030】ステップ204では、上流側O<sub>2</sub>センサ75の出力V<sub>O2</sub>をA/D変換して取り込む。次のステップ206では、V<sub>O2</sub>が基準電圧V<sub>R1</sub>（例えば0.45V）以下か否か、すなわち空燃比がリーンかリッチかを判別し、空燃比がリーン（V<sub>O2</sub>≤V<sub>R1</sub>）であれば、ステップ208に進む。ステップ208では、ディレイカウンタCDLYが正か否かを判別し、CDLY>0であれば、ステップ210にてCDLYを0としてからステップ212に進み、一方、CDLY≤0であれば、直接ステップ212に進む。ステップ212では、ディレイカウンタCDLYから1を減算する。次いで、ステップ214では、ディレイカウンタCDLYを所定の最小値TDLと比較し、CDLY<TDLのときには、ステップ216にてディレイカウンタCDLYを最小値TDLでガードし、ステップ218にて空燃比フラグF1を0（リーン）として、ステップ232に進み、一方、CDLY≥TDLのときには、直接ステップ232に進む。なお、最小値TDLは上流側O<sub>2</sub>センサ75の出力においてリッチからリーンへの変化があってもリッチ状態であるとの判断を保持するためのリーン判定遅延時間であって、負の値で定義される。

【0031】また、ステップ206においてリッチ（V<sub>O2</sub>>V<sub>R1</sub>）と判定されるときには、ステップ220に進む。ステップ220では、ディレイカウンタCDLYが負か否かを判別し、CDLY<0であれば、ステップ222にてCDLYを0としてからステップ224に進み、一方、CDLY≥0であれば、直接ステップ224に進む。ステップ224では、ディレイカウンタCDLYに1を加算する。次いで、ステップ226では、ディレイカウンタCDLYを所定の最大値TDRと比較し、CDLY>TDRのときには、ステップ228にてディレイカウンタCDLYを最大値TDRでガードし、ステップ230にて空燃比フラグF1を1（リッチ）として、ステップ232に進み、一方、CDLY≤TDRのときには、直接ステップ232に進む。なお、最大値TDRは上流側O<sub>2</sub>センサ75の出力においてリーンからリッチへの変化があってもリーン状態であるとの判断を保持するためのリッチ判定遅延時間であって、正の値で定義される。

【0032】ステップ232では、空燃比フラグF1の値（0又は1）が変化したか否か、すなわち遅延処理後の空燃比が反転したか否かを判別する。空燃比が反転していれば、ステップ234にて、リッチからリーンへの反転か、リーンからリッチへの反転かを判別する。リッチからリーンへの反転であれば、ステップ240において、

F AF←F AF+RSR

として空燃比補正係数F AFをスキップ的に増大させ、

逆に、リーンからリッチへの反転であれば、ステップ242において、

F AF←F AF-RSL

として空燃比補正係数F AFをスキップ的に減少させる。つまり、スキップ処理を行う。

【0033】ステップ232にて空燃比フラグF1の値が変化していないければ、ステップ236、244及び246にて積分処理を行う。つまり、ステップ236にて“F1=0”か否かを判別し、“F1=0”（リーン）であればステップ244において、

F AF←F AF+KIR

とし、一方、“F1=1”（リッチ）であればステップ246において、

F AF←F AF-KIL

とする。ここで、積分定数KIR及びKILは、スキップ定数RSR及びRSLに比して十分小さく設定してあり、つまり、KIR<RSR、かつ、KIL<RSL、である。したがって、ステップ244は、リーン状態（F1=0）で燃料噴射量を徐々に増大させる一方、ステップ246は、リッチ状態（F1=1）で燃料噴射量を徐々に減少させる。

【0034】ステップ248、250、252及び254では、演算された空燃比補正係数F AFが、所定の最小値（例えば0.8）以上で、かつ、所定的最大値（例えば1.2）以下となるように、ガード処理が施される。これにより、何らかの原因で空燃比補正係数F AFの演算結果が過度に大きく又は小さくなる場合においても、そのガード値で機関の空燃比が制御され、オーバリッチ又はオーバリーンになるのが防止される。

【0035】図6は、図4及び図5のメイン空燃比フィードバック制御を行った場合に、上流側O<sub>2</sub>センサ75で検出された空燃比（A/F）変化（図6(A)）に対してカウンタCDLY（同(B)）、フラグF1（同(C)）、空燃比補正係数F AF（同(D)）がどのように変化するかを例示している。図6(A)に示すように、A/Fがリーンからリッチに変化した場合でも、空燃比フラグF1（図6(C)）の値は直ちに0から1には変化せず、カウンタCDLYの値が0からTDRに増大するまでの時間（図6(C)のT<sub>1</sub>）の間は0のまま保持され、T<sub>1</sub>経過後に0から1に変化する。また、A/Fがリッチからリーンに変化した場合も、F1の値はカウンタCDLYの値が0からTDL（TDLは負の値）に減少するまでの時間（図6(C)のT<sub>2</sub>）の間は1のまま保持され、T<sub>2</sub>経過後に1から0に変化する。このため、図6(A)にNで示したように、外乱等により上流側O<sub>2</sub>センサ75の出力が短い周期で変化したような場合でも、フラグF1の値は追従して変化しないため、空燃比制御が安定する。

【0036】メイン空燃比フィードバック制御の結果、空燃比補正係数F AFの値は図6(D)に示すように周期

的に増減を繰り返し、機関空燃比はリッチ空燃比とリーン空燃比とに交互に変動する。また、図3で説明したように、F A Fの値が増大すると燃料噴射時間T A Uは増大し、F A Fの値が減少すると燃料噴射時間T A Uも減少する。

【0037】次に、下流側O<sub>2</sub>センサ76の出力に基づくサブ空燃比フィードバック制御について説明する。前述のように、サブ空燃比フィードバック制御としては、メイン空燃比フィードバック制御にて空燃比補正係数を演算する際の各種定数を下流側O<sub>2</sub>センサの出力に基づいて修正するものと、下流側O<sub>2</sub>センサの出力に基づく第2の空燃比補正係数を導入するものとがある。前者は、上述のF A F演算の際に使用される、スキップ量R S R及びR S L、積分量K I R及びK I L、判定遅延時間T D R及びT D L、上流側O<sub>2</sub>センサ出力判定用基準電圧V<sub>R1</sub>、等を可変にするものである。

【0038】その中で、空燃比補正係数F A Fのスキップ量R S R及びR S Lを可変にするサブ空燃比フィードバック制御は、図6(D)から判るように、R S Rが増大しR S Lが減少すると、機関空燃比のリッチ空燃比側への振れ幅が大きくなり、空燃比が全体的にリッチ空燃比側に移行する一方、逆に、R S Rが減少しR S Lが増大すると、機関空燃比のリーン空燃比側への振れ幅が大きくなり、空燃比が全体的にリーン空燃比側に移行する、という知見に基づき、R S R及びR S Lの値を増減せしめることにより、機関空燃比をリッチ側又はリーン側に変化させるものである。具体的には、下流側O<sub>2</sub>センサによって感知される空燃比が継続してリーン又はリッチであるときには一定割合でR S Rを増大又は減少せしめるとともに、リッチからリーンへ又はリーンからリッチへと反転するときには所定のスキップ量だけ階段状にR S Rを増大又は減少せしめる。そして、空燃比補正係数F A Fのリーンスキップ量R S Lは、そのR S Lの値とR S Rの値との和が一定に維持されるように設定される。

【0039】図7は、空燃比補正係数F A Fのスキップ量R S R及びR S Lを可変にするサブ空燃比フィードバック制御の問題点を説明するための図であって、下流側O<sub>2</sub>センサ出力電圧V O S、リッチスキップ量R S R及び触媒内O<sub>2</sub>ストレージ量の挙動を例示するタイムチャートである。この図に示されるように、R S Rの更新は、V O Sが反転するまで実施される。ところで、排気ガスが気筒からセンサに到達するまでの輸送遅れやセンサの応答遅れを考慮すると、実際には空燃比フィードバック制御によるリッチ化又はリーン化の方向が反対方向に逆転されるべき時点を既にある時間だけ経過している時点まで一方向の制御が継続することとなり、触媒内のO<sub>2</sub>ストレージ量が空又は飽和に達するおそれがある。すなわち、R S Rにおいて、図7(B)の斜線部で示されるオーバーシュート部分が発生する可能性がある。かかる

オーバーシュート部分の発生により、COやNO<sub>x</sub>の排出量が増大するという問題が誘発される。また、サブ空燃比フィードバック制御が継続しているときに、下流側O<sub>2</sub>センサの出力V O Sの反転が繰り返されると、O<sub>2</sub>ストレージ量とR S Rとはほぼ対応してくるが、燃料カット(F/C)、加速増量等の外乱が入ると、そのような均衡がくずれるため、同図に示されるように、オーバーシュート部分が更に増大し、エミッションが一層悪化するおそれがある。

【0040】次に、上述の問題点を解決するR S R幅寄せ制御を採用したサブ空燃比フィードバック制御について、図8及び図9に基づき説明する。本実施形態においては、サブ空燃比フィードバック制御の実行が継続し、下流側O<sub>2</sub>センサ出力の反転が数回繰り返されている間に、図8に示される如き、リッチスキップ量R S Rの極大値と極小値との間の中心値を逐次求め、それらの中心値の平均を算出して記憶する学習処理を実施する。そして、この平均化後の中心値を、空燃比制御の中心が触媒ウインドウの中央となる値とみなし、下流側O<sub>2</sub>センサ出力及び機関運転状態により、R S Rの更新範囲に対し、中心値を基準として上下限ガードをかける。すなわち、かかる中心値をR S R Mとおけば、

$$R S R = R S R M + D R S R$$

と表すことができ、式中のD R S Rは、中心値R S R Mからのずれ(偏差)を表すこととなるが、このD R S Rに上下限ガードを設定する。

【0041】図9は、R S R幅寄せ制御において、下流側O<sub>2</sub>センサ出力電圧V O S、触媒内O<sub>2</sub>ストレージ量及びR S Rの中心値R S R Mからの偏差D R S Rがどのような挙動を示すかを例示するタイムチャートである。図9(C)において、値aは、下流側O<sub>2</sub>センサがリッチ信号を出力しているときに偏差D R S Rに対して設定される下限ガード値である。なお、値aは、下流側O<sub>2</sub>センサのリッチ出力時におけるCOの排出がほとんどなく、かつ、リッチからリーンへの反転直前(この時点では、実際の触媒内の空燃比は輸送遅れ及びセンサ応答遅れのため既にリーンとなっている)のNO<sub>x</sub>の排出が極力少なくなるように定められる実験値である。また、値fは、下流側O<sub>2</sub>センサがリーン信号を出力しているときに偏差D R S Rに対して設定される上限ガード値である。なお、値fは、下流側O<sub>2</sub>センサのリーン出力時におけるNO<sub>x</sub>の排出がほとんどなく、かつ、リーンからリッチへの反転直前(この時点では、実際の触媒内の空燃比は輸送遅れ及びセンサ応答遅れのため既にリッチとなっている)のCOの排出が極力少なくなるように定められる実験値である。

【0042】また、値cは、下流側O<sub>2</sub>センサがリッチ信号を出力しているときに偏差D R S Rに対して設定される上限ガード値である。なお、値cは、下流側O<sub>2</sub>センサの出力がリッチへ反転した直後におけるCOの排出

が極力小さくなるように定められる実験値である。そして、特に、燃料増量後における下流側O<sub>2</sub> センサのリッチ出力時には、上限ガード値は、値cよりも小さな値bに設定される。また、値dは、下流側O<sub>2</sub> センサがリーン信号を出力しているときに偏差D R S Rに対して設定される下限ガード値である。なお、値dは、下流側O<sub>2</sub> センサの出力がリッチへ反転した直後におけるNO<sub>x</sub> の排出が極力小さくなるように定められる実験値である。そして、特に、燃料カット後における下流側O<sub>2</sub> センサのリーン出力時には、下限ガード値は、値dよりも大きな値eに設定される。

【0043】以上を整理して記すと、空燃比補正係数F A Fのリッチスキップ量R S Rの中心値R S R Mからの偏差D R S Rは、下流側O<sub>2</sub> センサの出力及び機関運転状態に応じて、下記の範囲にて更新されることになる。

センサリッチ出力時：a ≤ D R S R ≤ c（特に、燃料増量後からリーン反転まで：a ≤ D R S R ≤ b）

センサリーン出力時：d ≤ D R S R ≤ f（特に、燃料カットからリッチ反転まで：e ≤ D R S R ≤ f）

各値は、それぞれの運転状態において最適な空燃比制御の中心値から極力外れないように決定され、通常、a < b < c < d < e < fの関係に設定される。かくして、従来のように、触媒内のO<sub>2</sub>ストレージ量が既に空又は飽和の状態に達しているにもかかわらず、R S Rの増量又は減量がそのまま継続されるという事態が回避されることとなる。すなわち、図9(A)のように下流側O<sub>2</sub> センサの出力が変化しても、O<sub>2</sub>ストレージ量は、同図(B)に示されるように推移する。なお、後述するように、本発明では、触媒劣化判定中において下限ガード値a及び上限ガード値fが変更される。

【0044】図10及び図11は、下流側O<sub>2</sub> センサ7 6の出力に基づくサブ空燃比フィードバック制御の処理手順を示すフローチャートであって、上述の制御を具体化するものである。本ルーチンは、CPU91によって一定時間周期(例えば16ms)で実行される。なお、本ルーチンで使用される中心値学習結果(中心学習値)R S R M Gについては、後述する。まず、ステップ30 2では、今回のサブ空燃比フィードバック制御の実行条件が成立するか否かを判定する。具体的には、この条件は、前述のメイン空燃比フィードバック制御の実行条件と同様の条件の他、中心値の学習が少なくとも1回実施されていること(すなわちR S R M G ≠ 0)、かつ、後述する学習制御実行条件が不成立であるか又は学習が完了していることである。本サブ空燃比フィードバック制御の実行条件が不成立のときには、本ルーチンを終了し、一方、成立するときには、ステップ30 4に進む。

【0045】ステップ30 4では、下流側O<sub>2</sub> センサ7 6の出力V O SをA/D変換して取り込む。次いで、ステップ30 6では、V O Sが基準電圧V<sub>R2</sub>(例えば0.45V)より大きいか否かを判定し、V O S > V<sub>R2</sub>のと

きには、ステップ30 8に進んでリッチフラグX R I C Hを1にセットする一方、V O S ≤ V<sub>R2</sub>のときには、ステップ31 0に進んでリッチフラグX R I C Hを0にリセットする。次いで、ステップ31 2では、図12に示される如きマップを参照することにより、中心学習値R S R M Gを現在の吸入空気量G Aに応じて補正するための補正量R S R M G Cを補間計算する。かかる補正を行うのは、後述するように、中心学習値R S R M Gが一定の空気量範囲にて学習されているためである。次いで、

10ステップ31 4では、実際にフィードバック制御で使用する制御用中心値R S R Mを、R S R M ← R S R M G + R S R M G Cなる演算により求める。

【0046】次いで、ステップ31 6では、燃料増量中であるか否かを判定し、燃料増量中のときのみ、ステップ31 8にてオーバリッチフラグX O R(初期値0)を1にセットする。次いで、ステップ32 0では、燃料カット中であるか否かを判定し、燃料カット中のときのみ、ステップ32 2にてオーバリーンフラグX O L(初期値0)を1にセットする。次いで、ステップ32 4では、リッチフラグX R I C Hが1か0かを判定し、X R I C H = 1のときにはステップ32 6に進む一方、X R I C H = 0のときにはステップ33 6に進む。

【0047】ステップ32 6では、下限ガード値M I Nに値a(図9参照)を代入し、ステップ32 8に進む。ステップ32 8では、X O Rが1か0かを判定し、X O R = 1のときには、ステップ33 0にて上限ガード値M A Xに値b(図9参照)を代入してステップ33 4に進む一方、X O R = 0のときには、ステップ33 2にて上限ガード値M A Xに値c(図9参照)を代入してステップ33 4に進む。ステップ33 4では、偏差D R S Rを、

$$D R S R \leftarrow D R S R - D_L$$

なる演算により、所定値D<sub>L</sub>だけ減少させる更新処理を行うとともに、X O Lを0にリセットし、ステップ34 6に進む。

【0048】ステップ33 6では、上限ガード値M A Xに値f(図9参照)を代入し、ステップ33 8に進む。ステップ33 8では、X O Lが1か0かを判定し、X O L = 1のときには、ステップ34 0にて下限ガード値M I Nに値e(図9参照)を代入してステップ34 4に進む一方、X O L = 0のときには、ステップ34 2にて下限ガード値M I Nに値d(図9参照)を代入してステップ34 4に進む。ステップ34 4では、偏差D R S Rを、

$$D R S R \leftarrow D R S R + D_R$$

なる演算により、所定値D<sub>R</sub>だけ増大させる更新処理を行うとともに、X O Rを0にリセットし、ステップ34 6に進む。

【0049】ステップ34 6では、D R S RとM I Nとを比較し、D R S R < M I Nのときには、ステップ35

0にてDRSRにMINを代入する下限ガード処理を行ってステップ354に進む一方、 $MIN \leq DRSR$ のときには、ステップ348に進む。ステップ348では、DRSRとMAXとを比較し、 $DRSR \leq MAX$ のときには、直接ステップ354に進む一方、 $MAX < DRSR$ のときには、ステップ352にてDRSRにMAXを代入する上限ガード処理を行ってからステップ354に進む。ステップ354では、中心値RSRM及び偏差DRSRに基づいて、

$$RSR \leftarrow RSRM + DRSR$$

なる演算を行う。

【0050】ステップ356では、RSRと0.02とを比較し、 $RSR < 0.02$ のときには、ステップ360にてRSRに0.02を代入する絶対的な下限ガード処理を行ってステップ364に進む一方、 $0.02 \leq RSR$ のときには、ステップ358に進む。ステップ358では、RSRと0.08とを比較し、 $RSR \leq 0.08$ のときには、直接ステップ364に進む一方、 $0.08 < RSR$ のときには、ステップ362にてRSRに0.08を代入する絶対的な上限ガード処理を行ってからステップ364に進む。ステップ364では、

$$RSL \leftarrow 0.1 - RSR$$

なる演算を行う。かくして、メイン空燃比フィードバック制御で使用されるべきF A Fスキップ量RSR及びRSLが決定される。

【0051】次に、上述したサブ空燃比フィードバック制御ルーチンで使用される中心学習値RSRMGの学習方法について説明する。図13は、燃焼時の実空燃比の時間的变化とO<sub>2</sub>センサ出力電圧波形とを示すタイムチャートである。この図に示されるように実空燃比が反転してからO<sub>2</sub>センサ出力がそれに応じて反転するまでの遅れは、輸送遅れとセンサ応答遅れによる。そして、一般に、O<sub>2</sub>センサが劣化するほど、リッチからリーンへの反転におけるセンサ応答遅れが大きくなる。また、吸入空気量が大きくなるほど、輸送遅れが小さくなるため、センサ応答遅れの影響が大きくなる。

【0052】上流側O<sub>2</sub>センサが劣化した場合、リッチからリーンへの反転におけるセンサ応答遅れにより、実際にはリーンであるにもかかわらずリッチと判定される時間が大きくなるため、制御される空燃比の中心はリーン側にずれる。この制御空燃比のリーン側へのずれを補償すべくサブ空燃比フィードバック制御によるF A Fリッチスキップ量RSRが決定されるため、中心学習値RSRMGはリッチ側にずれることとなる。そして、このずれは、吸入空気量が大きいほど顕著になる。従つて、上流側O<sub>2</sub>センサの劣化度をパラメータとして、吸入空気量GAと中心学習値RSRMGとの関係を示す特性図は、図14(A)のようになる。

【0053】一方、下流側O<sub>2</sub>センサが劣化した場合、リッチからリーンへの反転におけるセンサ応答遅れに

より、実際にはリーンであるにもかかわらずリッチと判定される時間が大きくなるため、サブ空燃比フィードバック制御によるF A Fリッチスキップ量RSRはリーン側にずれることとなる。そして、このずれは、吸入空気量が小さいときには小さいが、吸入空気量が大きくなると顕著になる。従つて、下流側O<sub>2</sub>センサの劣化度をパラメータとして、吸入空気量GAと中心学習値RSRMGとの関係を示す特性図は、図14(B)のようになる。

10 【0054】図14(A)及び(B)の特性を考慮すると、RSRの中心値を学習するのに適した領域は、同図に示される如き限られた空気量の領域“ $G_1 \leq GA \leq G_2$ ”となり、学習頻度が小さくなってしまう。そこで、本実施形態では、図15に示されるように、学習可能領域“ $G_1 \leq GA \leq G_2$ ”よりも広い領域“ $G_0 \leq GA \leq G_3$ ”を学習用空燃比制御実行領域として、その領域にあるときに下流側O<sub>2</sub>センサの出力反転周期を短縮させる制御を特別に行うとともに、更に学習可能領域“ $G_1 \leq GA \leq G_2$ ”にあるときにRSRの中心値の学習を行う。

【0055】ここで、学習用空燃比制御とは、下流側O<sub>2</sub>センサの出力反転時において、図16(A)に示される如くRSRを所定量だけスキップさせるのではなく、同図(B)に示される如く今回反転時のRSR値と前回反転時のRSR値との中心までスキップさせようというものである。かかる制御を行うことにより、下流側O<sub>2</sub>センサの出力反転周期は、同図(A)に示されるものから同図(B)に示されるものへと短縮され、その結果、学習可能領域( $G_1 \leq GA \leq G_2$ )にある時間は短くても、学習機会は多くなり、すなわち学習頻度が大きくなる。同時に、図7(B)に示されるようなRSRのオーバーシュートを減少させ、エミッションを向上させることも可能となる。

【0056】次に、学習精度を向上させる手法について説明する。図17(A)に示されるように、下流側O<sub>2</sub>センサ出力VOSのリッチ時間TRとリーン時間TLとが等しくない場合には、同図(B)に示されるRSRの極大値RSRRと極小値RSRLとの単なる平均値を求めたのでは、RSRの中心値を正確に反映しているとは言えない。そこで、本実施形態では、リッチ時間の比率、

$$DR = TR / (TR + TL)$$

を算出し、DRが大きいときにはリッチずれ、小さいときにはリーンずれがあるとみなして、

$$\text{学習値} = RSRL + (RSRR - RSRL) * DR$$

なる演算により、学習値を求める。

【0057】また、学習精度向上のため、RSRが所定値gよりも小さいこと、リッチ時間の比率が所定範囲“hからkまで”にあること、リッチ時間及びリーン時間がそれぞれ所定値l及びmより大きいこと(下流側O<sub>2</sub>

$\pm$  センサのノイズによるばらつきを防止するため)、等の条件のうちいずれかの条件が成立しないときには、学習を中止するようとする。また、学習値をサブ空燃比フィードバック制御において反映させる際には、図12に関して説明したように、学習領域の空気量と実空気量との差を補償するため、学習値を実空気量に応じて補正するためのマップを設けて補間計算を行う。なお、このマップを上流側O<sub>2</sub>センサの劣化度ごとに設けることにより、すなわち空気量と学習値との2次元マップとすることにより、さらにエミッションが向上する。

【0058】図18、図19、図20及び図21は、CPU91によって実行されるRSR中心値学習ルーチンの処理手順を示すフローチャートであって、以上説明した学習方法を具体化するものである。まず、ステップ402では、下流側O<sub>2</sub>センサ76の出力VOSをA/D変換して取り込む。次いで、ステップ404では、VOSが基準電圧V<sub>R2</sub>(例えば0.45V)より大きいか否かを判定し、VOS>V<sub>R2</sub>のときには、ステップ406に進んでリッチフラグXRICHを1にセットする一方、VOS≤V<sub>R2</sub>のときには、ステップ408に進んでリッチフラグXRICHを0にリセットする。

【0059】次いで、ステップ410では、空気量以外の本ルーチン実行条件、すなわち回転速度、触媒推定温度等の条件が成立するか否かを判定し、成立するときにはステップ412に進む一方、成立しないときにはステップ426に進む。ステップ412では、空気量GAに関して前述の学習用空燃比制御実行条件が成立するか否か、すなわちG<sub>0</sub>≤GA≤G<sub>3</sub>(図15参照)が成立するか否かを判定し、成立するときにはステップ414に進む一方、成立しないときにはステップ426に進む。ステップ414では、後述のステップでセットされるべき学習完了フラグXGCが1にセットされているか否かを判定し、XGC=1のときはすなわち学習が完了しているときにはステップ426に進む一方、XGC=0のときはすなわち学習が完了していないときにはステップ416に進む。

【0060】ステップ416では、リッチフラグXRICHが1か0かを判定し、XRICH=0のときにはステップ424に進む一方、XRICH=1のときにはステップ418に進む。ステップ418では、本ルーチンの前回の走行時における下流側O<sub>2</sub>センサの出力判定結果を示すフラグXRICHが0か1かを判定し、XRICH=0のときにはステップ420に進む一方、XRICH=1のときにはステップ422に進む。ステップ420では、リッチからリーンへの反転が検出されたことになるため、反転フラグXINVを1にセットし、RSRの極大値を記憶する変数RSRRに現在のRSRを代入し、RSRを所定のスキップ量S<sub>L</sub>だけ減少させて、ステップ432に進む。一方、ステップ422では、リッチが継続して検出されたことになるため、反

転フラグXINVを0にリセットし、RSRを所定の積分量I<sub>L</sub>(I<sub>L</sub><S<sub>L</sub>)だけ減少させて、ステップ432に進む。

【0061】また、ステップ424では、フラグXRICHが1か0かを判定し、XRICH=1のときにはステップ428に進む一方、XRICH=0のときにはステップ430に進む。ステップ428では、リーンからリッチへの反転が検出されたことになるため、反転フラグXINVを1にセットし、RSRの極小値を記

10 憶する変数RSRLに現在のRSRを代入し、RSRを所定のスキップ量S<sub>R</sub>だけ増大させて、ステップ432に進む。一方、ステップ430では、リーンが継続して検出されたことになるため、反転フラグXINVを0にリセットし、RSRを所定の積分量I<sub>R</sub>(I<sub>R</sub><S<sub>R</sub>)だけ増大させて、ステップ432に進む。一方、ステップ426では、RSRR及びRSRLをともに0に設定して、ステップ442に進む。

【0062】ステップ432では、反転フラグXINVが1か0かを判定し、XINV=1のときにはステップ434に進む一方、XINV=0のときにはステップ438に進む。ステップ434では、“RSRR≠0かつRSRL≠0”が成立するか否かを判定し、成立するときにはステップ436に進む一方、成立しないときにはステップ438に進む。ステップ436では、図16

(B)に関して説明した制御を実現するため、RSRRとRSRLとの平均値をRSRに代入して、ステップ438に進む。ステップ438では、RSRの値とRSRLの値との合計が0.1となるようにFAFリーンスキップ量RSLを決定する。こうして求められたRSR及びRSRLがメイン空燃比フィードバック制御にて使用され、前述した学習用空燃比制御が実現されることとなる。

【0063】ステップ438に次いで実行されるステップ440では、空気量GAが学習可能領域にあるか否か、すなわちG<sub>1</sub>≤GA≤G<sub>2</sub>(図15参照)が成立するか否かを判定し、成立するときにはステップ444に進む一方、成立しないときにはステップ442に進む。ステップ442では、学習値更新フラグXGを0にリセットするとともに、後続のステップで更新されるべきリッチ時間カウンタCTR及びリーン時間カウンタCTLを0に初期化して、ステップ474に進む。一方、ステップ444では、反転フラグXINVが1か0かを判定し、XINV=1のときにはステップ446に進む一方、XINV=0のときにはステップ462に進む。

【0064】ステップ446では、学習値更新フラグXGを1にセットして、ステップ448に進む。ステップ448では、リッチ時間カウンタCTR及びリーン時間カウンタCTLに関して“CTR≠0かつCTL≠0”が成立するか否かを判定し、成立するときにはステップ

450に進む一方、成立しないときにはステップ456に進む。ステップ450では、リッチ時間の比率DRを算出し、ステップ452に進む。ステップ452では、RSRが所定値gよりも小さいこと、リッチ時間の比率DRが所定範囲“ $h \leq DR \leq k$ ”にあること、リッチ時間カウンタCTR及びリーン時間カウンタCTLがそれぞれ所定値l及びm以上であること、等の学習精度向上のため条件が成立するか否かを判定し、いずれかの条件が満足されないときにはステップ456に進む一方、いずれの条件も満足されるときにはステップ454に進む。

【0065】ステップ454では、学習回数カウンタCGをインクリメントし、また、

$GV \leftarrow RSRL + (RSR - RSRL) * DR$   
なる演算により、今回のRSR中心学習値GVを求め、さらに、算出されたGVを反映させるべく、

$RSRMG \leftarrow \{ (CG - 1) * RSRMG + GV \} / CG$

なる演算により、中心値の平均RSRMGを更新し、ステップ456に進む。なお、この平均化演算に代えていわゆるなまし演算を採用してもよい。ステップ456では、リッチフラグXRICHが1か0かを判定し、XRICH=1のときにはステップ458に進む一方、XRICH=0のときにはステップ460に進む。ステップ458では、リッチ時間カウンタCTRを0にイニシャライズして、ステップ462に進む。一方、ステップ460では、リーン時間カウンタCTLを0にイニシャライズして、ステップ462に進む。

【0066】ステップ462では、学習値更新フラグXGが1か0かを判定し、XG=1のときにはステップ464に進む一方、XG=0のときにはステップ470に進む。ステップ464では、リッチフラグXRICHが1か0かを判定し、XRICH=1のときにはステップ466に進む一方、XRICH=0のときにはステップ468に進む。ステップ466では、リッチ時間カウンタCTRをインクリメントしてステップ470に進む一方、ステップ468では、リーン時間カウンタCTLをインクリメントしてステップ470に進む。ステップ470では、学習回数カウンタCGが所定値CG。以上であるか否かを判定し、 $CG \geq CG$ 。のときにはステップ472に進む一方、 $CG < CG$ 。のときにはステップ474に進む。ステップ472では、学習実行回数が十分になったと判断して、学習完了フラグXGCを1にセットし、ステップ474に進む。最後のステップ474では、本ルーチンの次回の実行に備え、リッチフラグXRICHの値をXRICOとして記憶する。

【0067】次に、この機関において1トリップに1回行われる触媒劣化判定について説明する。この触媒劣化判定は、下流側O<sub>2</sub>センサ76の出力VOSの軌跡長LVOSと上流側O<sub>2</sub>センサ75の出力VOMの軌跡長LVOMとの比、すなわち軌跡長比LVOS/LVOMが基準値よりも大きくなつたことをもつて触媒が劣化したと判定するものである。図22及び図23は、かかる触媒劣化判定ルーチンの処理手順を示すフローチャートである。本ルーチンは、所定の時間周期で実行される。

【0068】まず、ステップ502では、フラグDIA GCOMPが1か0かについて判定し、DAGCOMP=1のときには本ルーチンを終了する一方、DAGCOMP=0のときにはステップ504に進む。このDAGCOMPは、イグニションスイッチがオンされたときに実行される初期化ルーチンで0にリセットされ、後述するステップで1にセットされるフラグであり、DAGCOMP=1は、現トリップにおいて触媒劣化判定が完了していることを示す。次いで、ステップ504では、劣化判定のためのモニタ条件が成立するか否かを判定し、モニタ条件不成立のときには本ルーチンを終了し、モニタ条件成立のときにはステップ506以降に進む。このモニタ条件は、上流側O<sub>2</sub>センサ75の出力に基づくメイン空燃比フィードバック制御中であること、下流側O<sub>2</sub>センサ76の出力に基づくサブ空燃比フィードバック制御中であること、及び機関負荷が所定値以上であることである。

【0069】ステップ506では、劣化判定のためのモニタが実行中であることを示すフラグMONE Xを1にセットする。このMONE Xは、初期化ルーチンで0にリセットされている。次いで、ステップ508では、上流側O<sub>2</sub>センサ75の出力電圧VOM及び下流側O<sub>2</sub>センサ76の出力電圧VOSを検出する。次いで、ステップ510では、VOMの軌跡長LVOMを、  
 $LVOM \leftarrow LVOM + | VOM - VOMO |$   
なる演算により更新する。次いで、ステップ512では、VOSの軌跡長LVOSを、  
 $LVOS \leftarrow LVOS + | VOS - VOSO |$   
なる演算により更新する。次いで、ステップ514では、次回の実行に備え、  
 $VOMO \leftarrow VOM$   
 $VOSO \leftarrow VOS$   
とする。

【0070】次いで、ステップ516では、モニタ時間を計測するためのカウンタCTIMEをインクリメントし、ステップ518では、そのカウンタの値が所定値C<sub>0</sub>を超えたか否かを判定する。CTIME>C<sub>0</sub>のときにはステップ520に進み、CTIME≤C<sub>0</sub>のときには本ルーチンを終了する。ステップ520では、軌跡長比LVOS/LVOMが所定の劣化判定基準値R<sub>ref</sub>以上か否かを判定する。LVOS/LVOM≥R<sub>ref</sub>のときには、触媒劣化ありとみなし、所定のアラームフラグALMを1にするとともに（ステップ522）、アラームランプを点灯する（ステップ524）。LVOS/LVOM<R<sub>ref</sub>のときには、触媒劣化なしとみなし、

アラームフラグALMを0とする(ステップ526)。アラームフラグALMは、修理点検時に収集されうるよう、バックアップRAM99に格納される(ステップ528)。最後のステップ530では、MONEXを0にリセットするとともに、DIAGCOMPを1にセットする。

【0071】上述のRSR幅寄せ制御(図10及び図11)を実施している場合において、リッチスキップ量の中心値の学習値RSRMGが実際の中心値よりずれているときには、下流側O<sub>2</sub>センサ76の出力がリッチ又はリーンに貼り付く状態が生じ得る。その場合には、下流側O<sub>2</sub>センサ76の出力が変化しないため、触媒劣化判定の精度が悪化する。そこで、本発明では、触媒劣化判定中には、RSRの中心値からの偏差DRSRに課される下限ガード値a及び上限ガード値fによる制限を緩和し、RSRの値がとりうる範囲を拡大することにより、結果的に下流側O<sub>2</sub>センサ76の出力が変化しうるようしている。

【0072】図24は、RSR幅寄せ上下限ガード値設定ルーチンの処理手順を示すフローチャートである。本ルーチンは、所定時間周期で実行される。まず、ステップ602では、現在、フラグMONEXが1か0か、すなわち触媒劣化判定のためのモニタが実行中であるか否かを判定する。MONEX=0のとき、すなわち触媒劣化判定モニタ実行中でないときには、ステップ604に進み、下限ガード値aに通常の設定値a<sub>0</sub>を設定とともに、上限ガード値fに通常の設定値f<sub>0</sub>を設定する。一方、MONEX=1のとき、すなわち触媒劣化判定モニタ実行中のときには、ステップ606に進み、下限ガード値aに設定値a<sub>0</sub>-Δa(Δa>0)を設定して通常よりも小さくするとともに、上限ガード値fに設定値f<sub>0</sub>+Δf(Δf>0)を設定して通常よりも大きくする。

【0073】なお、上記のΔa及びΔfを無限大に、すなわちaを-∞、fを+∞に設定してもよい。この場合には、実質的にRSR幅寄せ制御を禁止することとなる。いずれにしても、図10及び図11においてRSRのとりうる範囲が拡大し、空燃比が変動するようになり、触媒劣化判定(図22及び図23)の精度が向上せしめられる。

#### 【0074】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、排気系に設けられた排気ガス浄化のための触媒コンバータの上流側及び下流側にそれぞれ第1及び第2の空燃比センサが配設された内燃機関において、触媒のO<sub>2</sub>ストレージ量を考慮した空燃比制御を採用しつつ第2の空燃比センサに基づく精度良い触媒劣化判定を実現することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係る制御装置を備えた内

燃機関の全体概要図である。

【図2】機関電子制御装置(エンジンECU)のハードウェア構成を示すブロック図である。

【図3】CPUによって実行される噴射量演算ルーチンの処理手順を示すフローチャートである。

【図4】CPUによって実行されるメイン空燃比フィードバック制御ルーチンの処理手順を示すフローチャート(1/2)である。

【図5】CPUによって実行されるメイン空燃比フィードバック制御ルーチンの処理手順を示すフローチャート(2/2)である。

【図6】メイン空燃比フィードバック制御により、上流側O<sub>2</sub>センサで検出される空燃比(A/F)の変化に対してカウンタCDLY、フラグF1及び空燃比補正係数FASFがどのように変化するかを例示するタイムチャートである。

【図7】空燃比補正係数FASFのスキップ量RSR及びRSRを可変にする従来のサブ空燃比フィードバック制御における、下流側O<sub>2</sub>センサ出力電圧VOS、リッチスキップ量RSR及び触媒内O<sub>2</sub>ストレージ量の挙動を例示するタイムチャートである。

【図8】リッチスキップ量RSRの極大値と極小値との間の中心値を説明するための図である。

【図9】下流側O<sub>2</sub>センサ出力電圧VOS、触媒内O<sub>2</sub>ストレージ量、及びRSRの中心値からの偏差DRSRのタイムチャートである。

【図10】CPUによって実行されるサブ空燃比フィードバック制御ルーチンの処理手順を示すフローチャート(1/2)である。

【図11】CPUによって実行されるサブ空燃比フィードバック制御ルーチンの処理手順を示すフローチャート(2/2)である。

【図12】中心学習値RSRMGを現在の吸入空気量GAに応じて補正するための補正量RSRMGCを定めるマップを示す図である。

【図13】燃焼時の実空燃比の時間的変化とO<sub>2</sub>センサ出力電圧波形とを示すタイムチャートである。

【図14】上流側及び下流側O<sub>2</sub>センサの劣化度をパラメータとして、吸入空気量GAと中心学習値RSRMGとの関係を示す特性図である。

【図15】学習可能領域及び学習用空燃比制御実行領域を説明すべく吸入空気量GAの挙動を例示するタイムチャートである。

【図16】学習用空燃比制御実行時におけるRSR制御方法を説明するためのタイムチャートである。

【図17】リッチ時間比率を説明すべく下流側O<sub>2</sub>センサ出力電圧VOS及びリッチスキップ量RSRの時間的变化を例示するタイムチャートである。

【図18】CPUによって実行されるRSR中心値学習ルーチンの処理手順を示すフローチャート(1/4)で

23

ある。

【図19】CPUによって実行されるRSR中心値学習ルーチンの処理手順を示すフローチャート(2/4)である。

【図20】CPUによって実行されるRSR中心値学習ルーチンの処理手順を示すフローチャート(3/4)である。

【図21】CPUによって実行されるRSR中心値学習ルーチンの処理手順を示すフローチャート(4/4)である。

【図22】CPUによって実行される触媒劣化判定ルーチンの処理手順を示すフローチャート(1/2)である。

【図23】CPUによって実行される触媒劣化判定ルーチンの処理手順を示すフローチャート(2/2)である。

【図24】CPUによって実行されるRSR幅寄せ上下限ガード値設定ルーチンの処理手順を示すフローチャートである。

#### 【符号の説明】

- 1…直列多気筒4ストロークサイクルレシプロガソリン機関
- 2…シリンダブロック
- 3…シリンダヘッド
- 4…シリンダ
- 5…ピストン
- 6…コネクティングロッド
- 7…クランクシャフト
- 8…燃焼室
- 9…吸気ポート
- 10…排気ポート
- 11…吸気バルブ
- 12…排気バルブ
- 13…吸気側カムシャフト
- 14…排気側カムシャフト
- 15…吸気側カム
- 16…排気側カム
- 17, 18, 19…タイミングブーリ

【図8】

図8

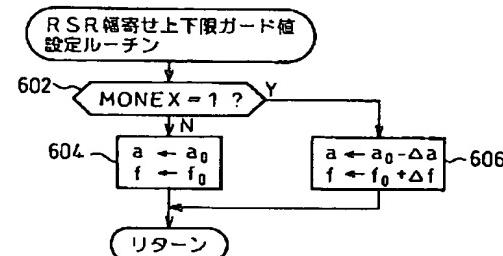


24

- 20…タイミングベルト
- 30…吸気通路
- 31…エアクリーナ
- 32…スロットルバルブ
- 33…サージタンク
- 34…吸気マニホールド
- 35…アイドルアジャスト通路
- 36…アイドル回転速度制御弁 (ISCV)
- 40…インジェクタ
- 10 41…燃料タンク
- 42…燃料ポンプ
- 43…燃料配管
- 50…点火プラグ
- 51…イグナイタ
- 52…点火コイル
- 53…点火ディストリビュータ
- 60…排気通路
- 61…排気マニホールド
- 62…触媒コンバータ
- 20 70…エアフローメータ
- 72…スロットル開度センサ
- 73…吸気温センサ
- 74…水温センサ
- 75…上流側O<sub>2</sub>センサ (メインO<sub>2</sub>センサ)
- 76…下流側O<sub>2</sub>センサ (サブO<sub>2</sub>センサ)
- 80…クランク基準位置センサ
- 81…クランク角センサ
- 82…アイドルスイッチ
- 83…車速センサ
- 30 90…機関ECU
- 91…CPU
- 92…システムバス
- 93…ROM
- 94…RAM
- 95…A/D変換回路
- 96…入力インターフェース回路
- 97a, 97b, 97c…駆動回路
- 99…バックアップRAM

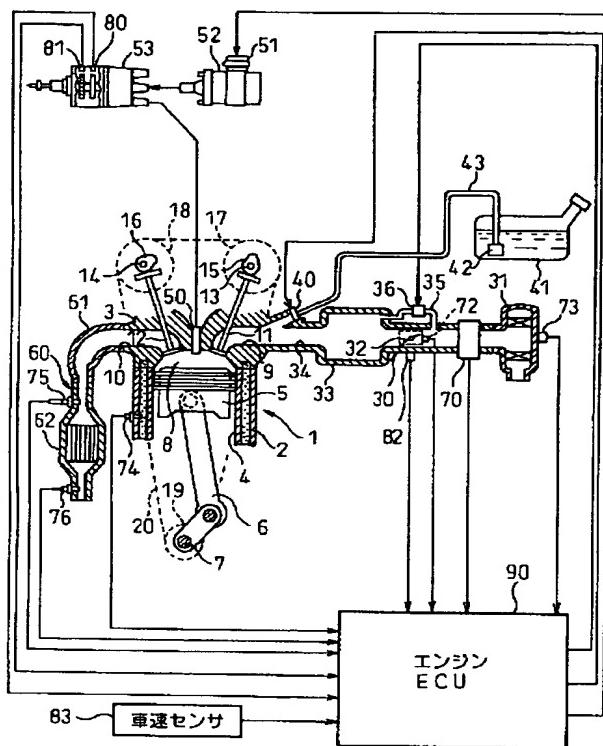
【図24】

図24



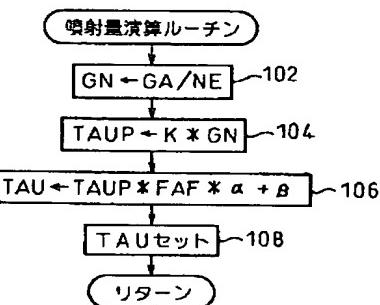
【図1】

図1



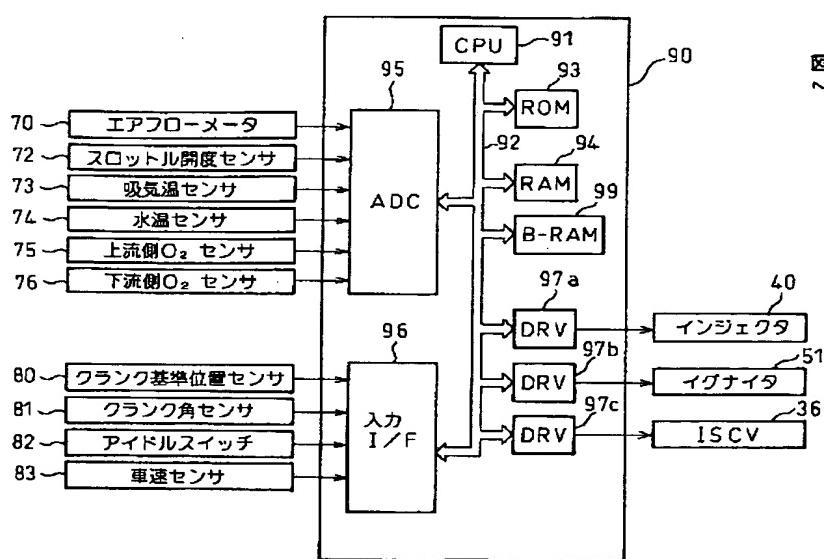
【図3】

図3



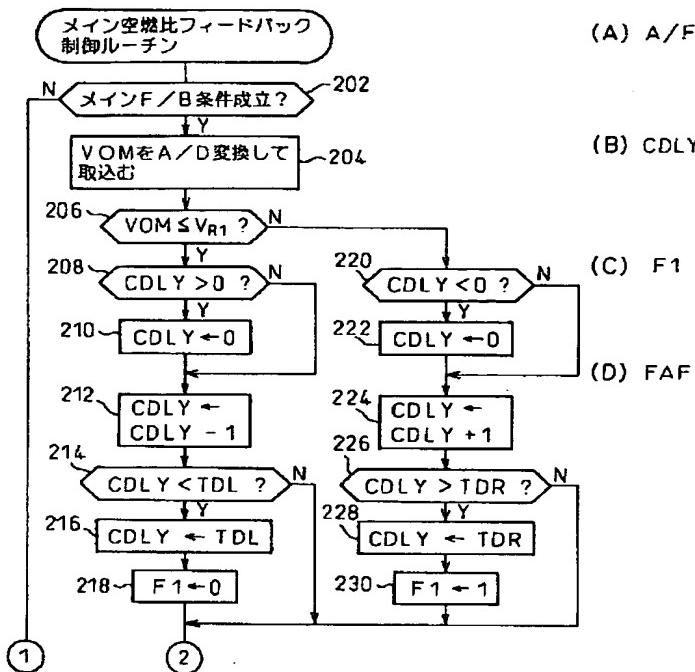
【図2】

図2



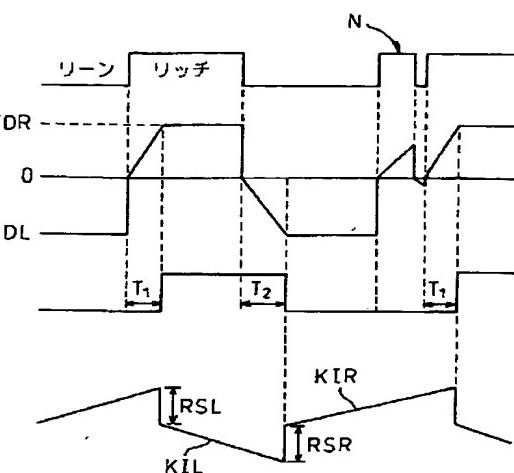
【図4】

図4



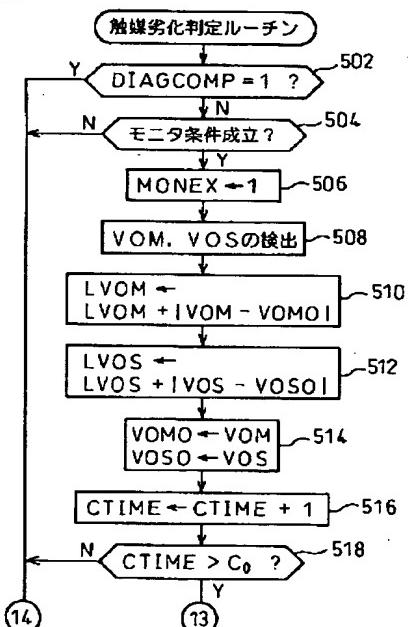
【図6】

図6

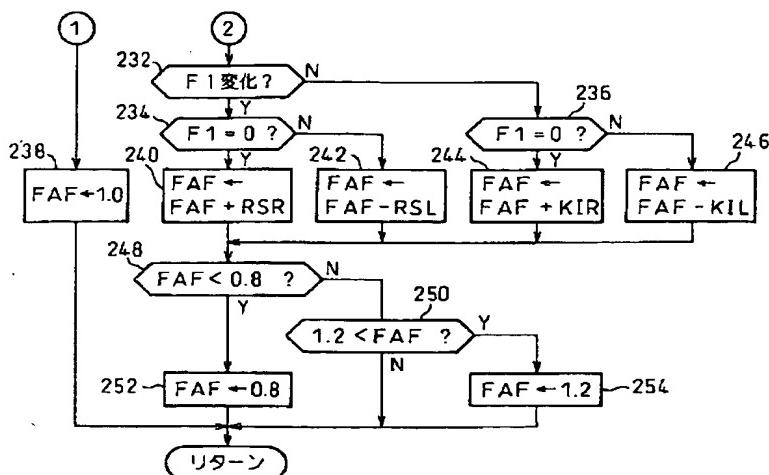


【図22】

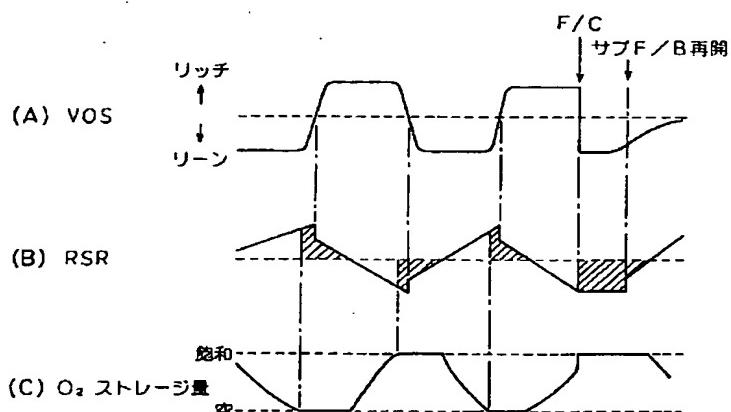
図22



【図5】

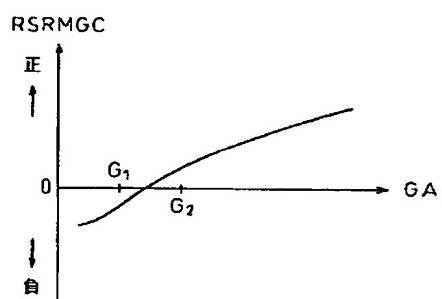


【図7】

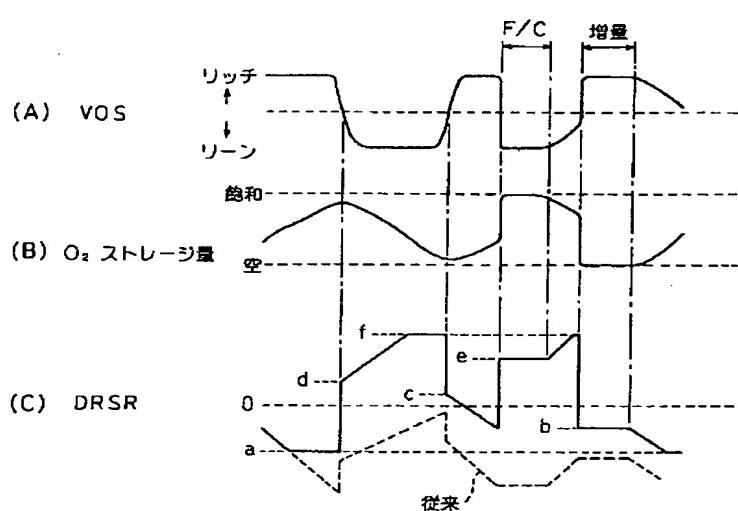


【図12】

図12



【図9】



【図13】

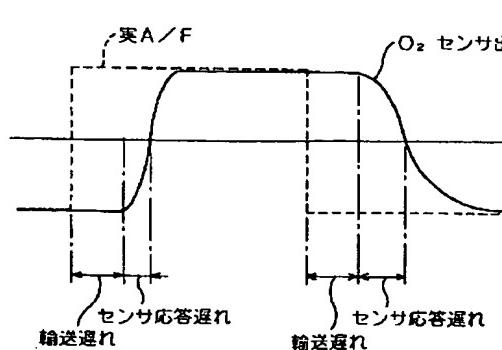
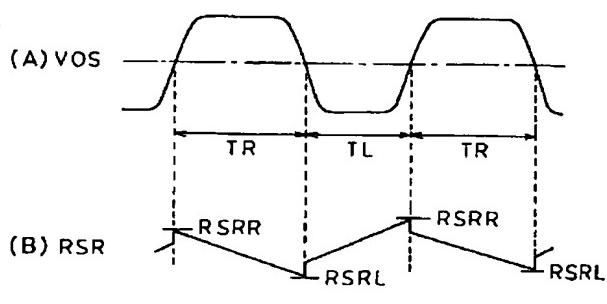
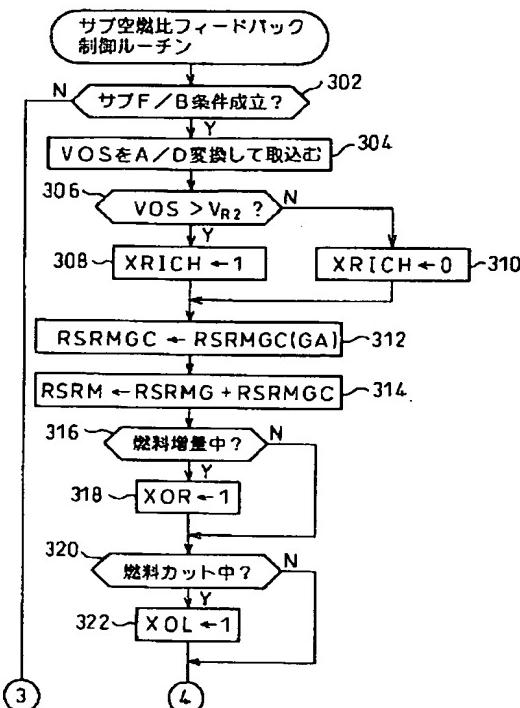


図17



【図10】

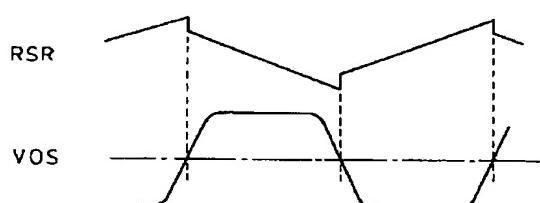
図10



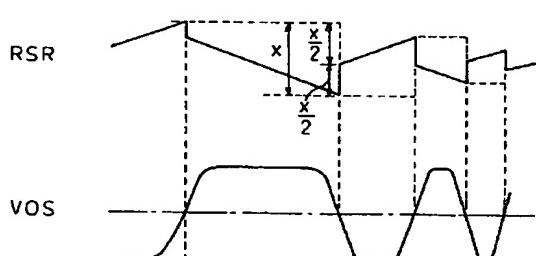
【図16】

図16

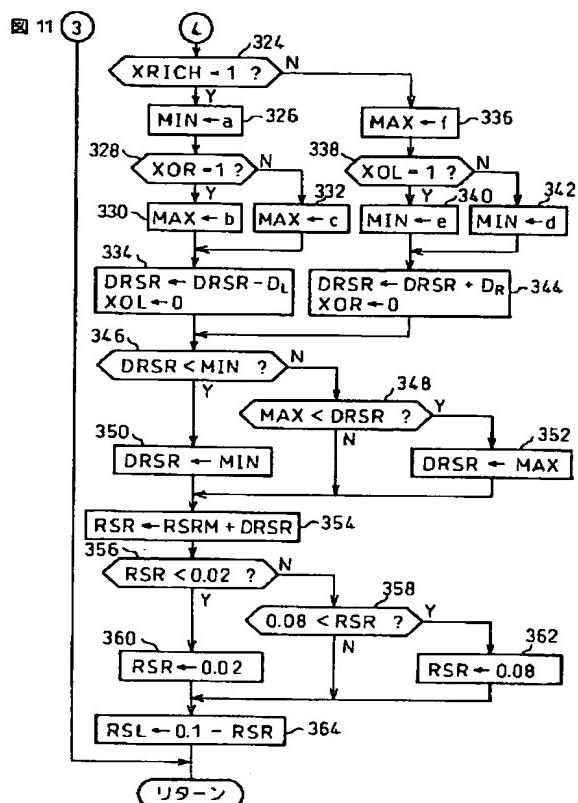
(A)



(B)

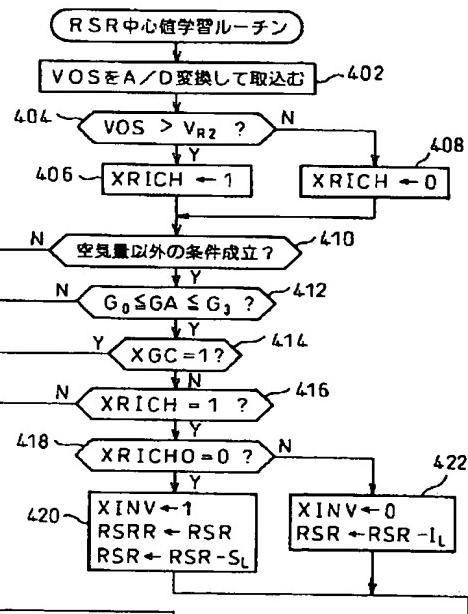


【図11】

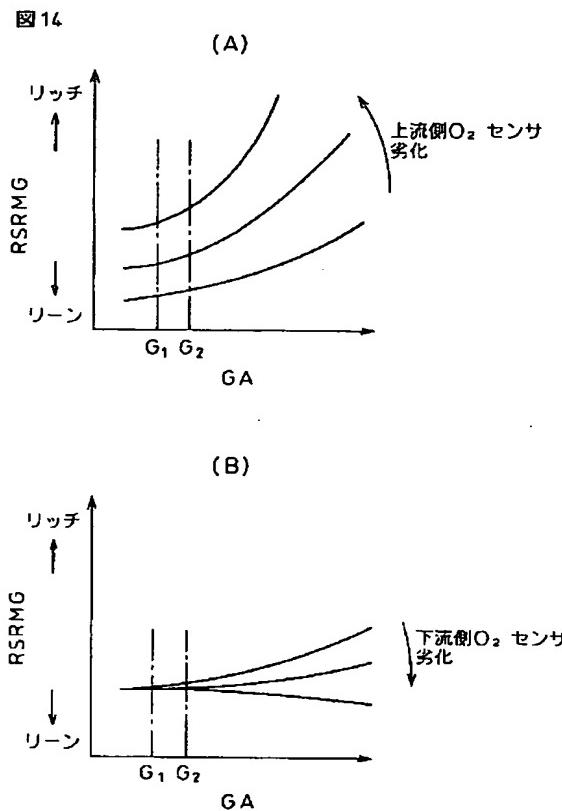


【図18】

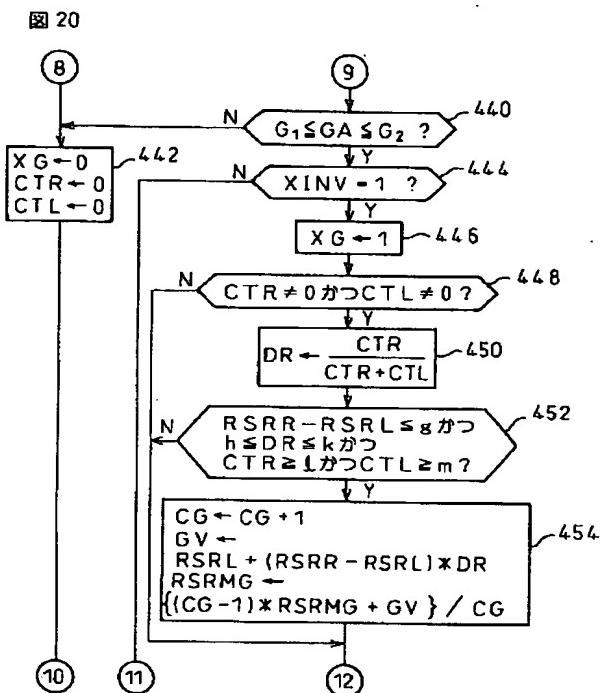
図18



【図14】

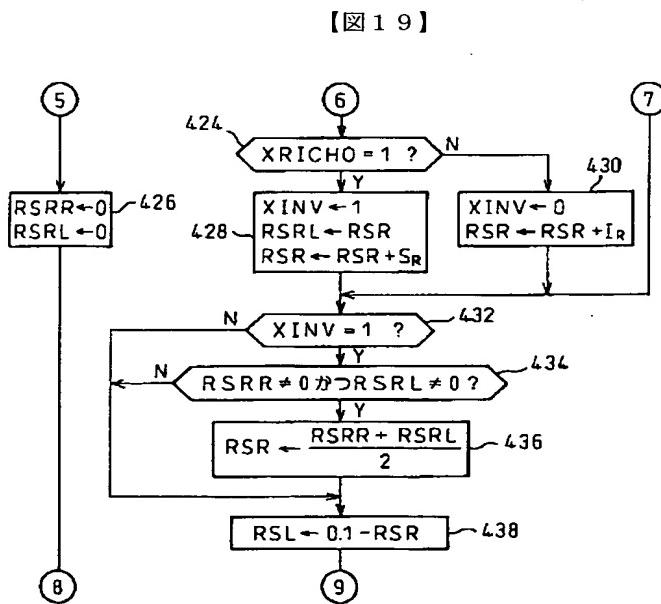


【図20】

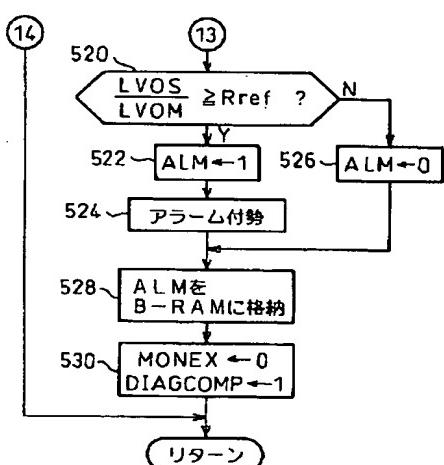


【図23】

図23

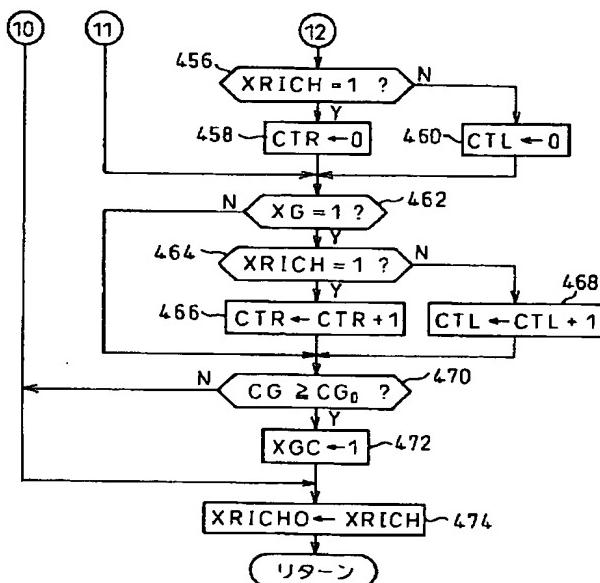


61



【図21】

図21



フロントページの続き

Fターム(参考) 3G084 AA03 BA09 BA24 CA03 DA10  
 EB12 EB18 EB25 FA02 FA05  
 FA07 FA10 FA20 FA26 FA29  
 FA33 FA38  
 3G091 AA02 AA13 AA17 AA28 AB03  
 BA14 CB02 DA01 DA02 DB01  
 DC02 EA01 EA05 EA07 EA14  
 EA16 EA39 FA12 FB10 FB12  
 FC01  
 3G301 HA06 HA18 JA15 JB10 KA07  
 LB02 MA01 MA11 NA01 ND26  
 NE13 NE15 PA01Z PA10Z  
 PA11Z PB03Z PD02Z PE01Z  
 PE03Z PE09Z PF01Z